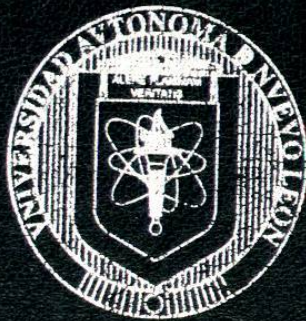


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



DETECCION DE INCENDIOS FORESTALES EN TIEMPO REAL
MEDIANTE IMAGENES NOAA-AVHRR EN EL
ESTADO DE NUEVO LEON

POR

FRANCISCO JAVIER GUZMAN NAVA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA AMBIENTAL

NOVIEMBRE, 2001

TM
SD421
375
.G8
c.1



1080094998

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL
ESTADO DE NUEVO LEON

2011

PROYECTO DE TESIS DE GRADUACION

ALCANTARILLA PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO

ALCANTARILLA PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO
INGENIERIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
INGENIERIA AMBIENTAL

Requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
INGENIERIA AMBIENTAL

Proyecto CONACYT-SMORFI 2009-2011

2011, 2001

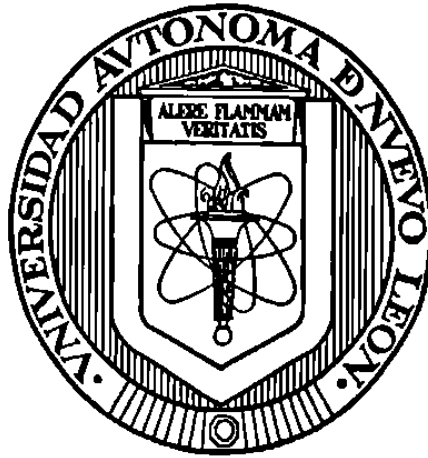


TM
SD 421
.375
.68



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN TIEMPO REAL
MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR EN EL
ESTADO DE NUEVO LEÓN**

Por

FRANCISCO JAVIER GUZMÁN NAVA

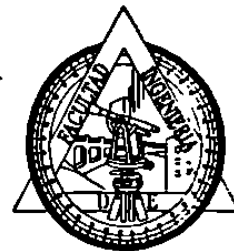
**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
INGENIERÍA AMBIENTAL**

Becario, Proyecto CONACYT-SIMORELOS No. SIM19980306022

Noviembre, 2001



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Ing. Francisco Javier Guzmán Nava

PRESENTE.-

Por medio de la presente se le notifica que su tema y proyecto de tesis de maestría *"USO DE TECNOLOGIA SATELITAL PARA LA DETECCION Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES EN NUEVO LEON"*, siendo el director de tesis el *Dr. Ignacio Galindo Estrada*, fueron registrados el día de hoy en el *Libro de Registro de Proyectos de Tesis* de esta División de Estudios de Posgrado. Lo anterior, en cumplimiento con el *Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UANL* y con el *Protocolo Oficial para el Registro de Proyectos de Tesis de Maestría* de esta División.

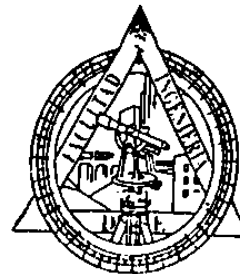
De acuerdo al *Reglamento General de Estudios de Posgrado la UANL*, la terminación y presentación de la tesis se realizará en un plazo máximo de cuatro años para la *Maestría en Ciencias* a partir de su fecha de registro. En caso de existir un cambio en el tema, proyecto y/o director de tesis, deberá efectuarse un registro oficial ante la División de Estudios de Posgrado, cumpliendo los requisitos que se establecen en el respectivo protocolo.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

"ALERE FLAMMAM VERITATIS"

Cd. Universitaria, a 3 de febrero del 2000.



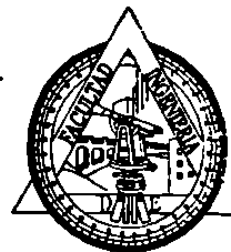
**SECRETARIA DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO**


DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA
Subdirector de Estudios de Posgrado

c.c.p : Archivo



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

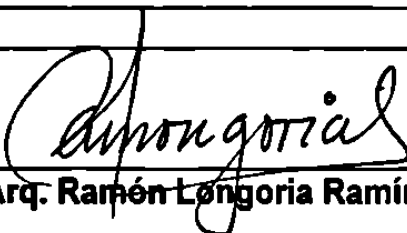
Tesista: FRANCISCO JAVIER GUZMÁN NAVA


Tema de la tesis: DETECCIÓN OPORTUNA DE INCENDIOS FORESTALES EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN; MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA **del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.**

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió: 
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO 
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 2 de OCTUBRE de 2001



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
División de Estudios Superiores

Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo
PROFESOR - INVESTIGADOR

M. en C. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE LAS MAESTRÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UANL
Presente.-

24 de Septiembre de 2001

Estimado M. en C. Gámez Treviño:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como EVALUADOR de la tesis

**“DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN
TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-
AVHRR EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN”**

presentada por el Ing. Francisco Javier Guzmán Nava como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado críticamente la calidad de dicha tesis, siendo mi dictamen que la misma es APROBADA.

Sin otro particular por el momento, quedo disponible para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

Con un saludo cordial.


DR. JUAN MANUEL BARBARÍN CASTILLO

c.c.p DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA. Director de Postgrado
✓ c.c.p. ING. FRANCISCO JAVIER GUZMÁN NAVA. Candidato a
Grado de Maestría en Ciencias



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

División de Estudios Superiores

Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín
PROFESORA INVESTIGADORA

M. en C. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE LAS MAESTRÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UANL
Presente.-

24 de Septiembre de 2001

Estimado M. en C. Gámez Treviño:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como EVALUADORA de la tesis

**“DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN
TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-
AVHRR EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN”**

presentada por el Ing. Francisco Javier Guzmán Nava como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado críticamente la calidad de dicha tesis, siendo mi dictamen que la misma es APROBADA.

Sin otro particular por el momento, quedo disponible para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

Con un saludo cordial.

DRA. CECILIA O. RODRÍGUEZ DE BARBARÍN

c.c.p DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA. Director de Postgrado
c.c.p. ING. FRANCISCO JAVIER GUZMÁN NAVA. Candidato a
✓ Grado de Maestría en Ciencias



UNIVERSIDAD DE COLIMA
CENTRO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIONES
EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

M.C. FRANCISCO GÁMEZ TREVIÑO
Presidente del Comité de las Maestrías
Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.
Monterrey. N.L.

Estimado Maestro Gámez:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como
EVALUADOR de la tesis

***"DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN
TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-
AVHRR EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN"***

Presentada por el Ing. Francisco Javier Guzmán Nava como requisito
parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería
Ambiental, comunico a usted que he leído y evaluado críticamente la calidad de
dicha tesis, siendo mi dictamen que la misma es APROBADA.

Aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
ESTUDIA, LUCHA-TRABAJA
Colima, Col., octubre 24 de 2001.
Universidad de Colima
Centro Universitario de Investigaciones
en Ciencias del Ambiente
25 de Julio Dr. Ignacio Galindo Estrada
Apart. Postal 330 Colima, México

Copia.- Dr Ricardo González Alorta. Director de Posgrado.- Para su conocimiento
Interesado.- Mismo fin.

Archivo

Bernal Díaz del Castillo # 340, Villa San Sebastián, Colima, Col. Mex. C.P. 28040/ tels.316-11-37 316-10-00 ext. fax.47202



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Ing. Francisco Javier Guzmán Nava

PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que el *Comité de Maestría* ha evaluado su tesis "**DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN**", que presentó Usted como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental. El resultado definitivo de la evaluación de su tesis es de APROBADA. Todo lo anterior es atendiendo a los artículos 112 y 114 del Reglamento General de los Estudios de Posgrado de la UANL.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus ordenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

"ALERE FLAMMAM VERITATIS"

Cd. Universitaria, a 22 de octubre del 2001



M. E. C. Francisco Gámez Treviño
Presidente del Comité de Maestría

Av. Pedro de Alba,
Cd. Universitaria,
Apartado Postal 58-F
San Nicolás de los Garza,
Nuevo León, México.

C.c.p. : Archivo

☎ (01) 8329 4060 • 8352 4850 Fax: Ext. 106

<http://www.uanl.mx/facs/fic/>

RESUMEN

Francisco Javier Guzmán Nava

Fecha de Graduación: Octubre, 2001

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título del Estudio: DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Número de páginas: 107 Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental

Area de Estudio: Ingeniería Ambiental.

Propósito y Método del Estudio: Año con año, durante la época seca (noviembre-mayo), los incendios forestales constituyen un grave problema para nuestro país. El impacto al ambiente que producen estos siniestros es de consecuencias alarmantes: los cambios en la cubierta vegetal producen, a su vez, entre otros, cambios en el ciclo hidrológico, afectan la biodiversidad y se considera que están relacionados con el cambio climático. Por primera vez en México, a partir de 1998 gracias a la estación terrena receptora de señales de satélites NOAA instalada en el Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente de la Universidad de Colima, se desarrollaron métodos multispectrales que utilizan, en tiempo real, las imágenes digitales obtenidas con el Radiómetro Avanzado de muy Alta Resolución (AVHRR) embarcado en los satélites meteorológicos de órbita polar NOAA. La cobertura temporal de estos satélites es de doce horas, es decir, se reciben dos imágenes del mismo punto, cada día. La cobertura espacial es de aproximadamente 3000km; en consecuencia, cada pase cubre prácticamente todo el país. Durante el periodo de muestreo se recibieron los pases de los satélites NOAA 12 y 14. En razón a la diversidad de climas y topografía de la República Mexicana, los métodos desarrollados contienen un umbral variable de temperatura como función del lugar y la época del año. Utilizando un sistema de información geográfica, los datos preliminares de siniestro son proyectados en la cubierta vegetal de México, preparada por el Instituto Nacional de Ecología, clasificando los incendios en tres grupos básicos: Áreas Naturales Protegidas, Bosques Fragmentados y, Quemadas Agrícolas.

Contribuciones y Conclusiones: Utilizando la tecnología anterior y con la ayuda de la metodología multispectral que facilita la detección oportuna de un siniestro de esta naturaleza, se presenta en este trabajo un análisis de los principales incendios forestales ocurridos en el Estado de Nuevo León durante el lapso 1999-2000. Asimismo, se realiza una clasificación de incendios obteniéndose un índice de píxel por incendio. Sin lugar a dudas, una de las principales contribuciones es la detección temprana de un incendio en lugares aislados y de difícil acceso, cuyos siniestros, de no haberse detectado oportunamente, hubieran sido de graves consecuencias, como el ocurrido en La Trinidad-El Colmillo, Mpio. de Montemorelos, monitoreado desde el 15 de abril de 1999 hasta el 12 de mayo, con una afectación de 800 ha de pino, encino y matorral. Podemos afirmar que México cuenta con un sistema seguro y confiable de detección de incendios forestales en tiempo real, lo que permite combatirlos con mayor rapidez, evitando la propagación del siniestro, y disminuyendo los daños al bosque y a la biodiversidad.

FIRMA DEL ASESOR:

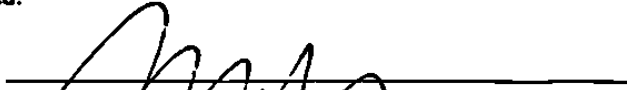

Dr. Ignacio Galindo Estrada
Universidad de Colima
Centro Universitario de Investigaciones
en Ciencias del Ambiente
25 de Julio Nº365 Villas San Sebastián.
Apart. Postal 330 Colima, Colima.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos y alcances.....	3
2. LOS INCENDIOS FORESTALES Y SUS EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE	7
2.1 Tipos de incendios forestales.	8
2.1.1 Temporada de incendios forestales.....	9
2.1.2 Daños por Incendios forestales.....	10
2.2 Eventos asociados a los incendios forestales.....	12
2.2.1 El fenómeno del Niño-Oscilación del Sur.....	14
3. DETERMINACION DE INCENDIOS FORESTALES EN TIEMPO REAL MEDIANTE IMÁGENES NOAA-AVHRR Y S.I.G.	18
3.1 Firma espectral de los puntos calientes.....	18
3.1.1 Características básicas de la imagen.....	20
3.2 Radiómetro AVHRR.....	22
3.3 Satélites de Orbita polar de la NOAA.....	25
3.3.1 Características del Satélite NOAA-12.....	28
3.3.2 Características del Satélite NOAA-14.....	32
3.4 Método multiespectral e identificación de puntos calientes.....	37
3.5 Determinación de incendios forestales a partir de puntos calientes mediante S.I.G.....	42
3.5.1 Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.).....	43
3.5.2 Detección multiespectral de incendios.....	46
4. LOS INCENDIOS FORESTALES EN NUEVO LEON TEMPORADA 1999-2000.	49
4.1 Características fisiográficas de Nuevo León.....	50
4.1.1 Clima.....	52
4.1.2 Geología.....	54
4.1.3 Hidrología.....	56
4.1.4 Edafología.....	59
4.1.5 Recursos naturales y actividades agrícolas-pecuarias.....	60
4.2 Los incendios forestales en Nuevo León.....	63
4.2.1 Situación actual e infraestructura.....	64

Capítulo	Página
5. EVENTOS DETECTADOS EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN.....	68
6. MITIGACIÓN DE EFECTOS MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN TEMPRANA.....	84
6.1 Análisis y discusión de resultados.....	85
6.2 Medidas de mitigación.....	91
7. CONCLUSIONES.....	96
REFERENCIAS.....	102
APÉNDICES.....	106
APÉNDICE A.	107

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
2.1	Causas de los incendios forestales establecidas en los resultados de la temporada de 1997.....	11
3.1	Canales espectrales que conforman el Radiómetro AVHRR embarcado en los satélites NOAA.....	25
3.2	Valores centrales de onda de las bandas infrarrojas del sensor AVHRR del NOAA 12.....	28
3.3	Correcciones no-lineales del Canal 4 del NOAA-12.....	28
3.4	Correcciones no-lineales del Canal 5 del NOAA-12.....	29
3.5	Respuesta espectral del sensor TOVS y Coeficientes de corrección de las bandas térmicas del sensor HIRS/2 del NOAA 12.....	29
3.6	Valores centrales de onda de las bandas infrarrojas del sensor AVHRR del NOAA 14.....	34
3.7	Coeficientes de corrección de Radiancia para los canales 3, 4 y 5 del AVHRR para el NOAA 14.....	34
3.8	Respuesta espectral del sensor TOVS y Coeficientes de corrección de las bandas térmicas del sensor HIRS/2 del NOAA 14.....	34
4.1	Cuencas de la región hidrológica "Río Bravo"	57
4.2	Principales Almacenamientos de Aguas Superficiales en el Estado de Nuevo León.....	58
4.3	Fauna de Nuevo León	61
4.4	Distribución de la Flora en el Estado de Nuevo León.....	61
4.5	Áreas Naturales según tipo en el Estado de Nuevo León.....	62
6.1	Problemas que ocasionan los Incendios Forestales.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página	
2.1	Consecuencias del incendio en el parque Chipinque 1998.....	9
2.2	Características del fenómeno el Niño-Oscilación del Sur.....	11
3.1	Elementos que constituyen un AVHRR.....	22
3.2	Dirección de barrido del espejo del Radiómetro AVHRR.....	24
3.3	Geometría de un píxel de AVHRR y su deformación del nadir.....	24
3.4	Generación de puntos espectrales con información satelital y enviados a una estación receptora.....	27
3.5	Curva de respuesta espectral de la banda 1 del sensor AVHRR del NOAA-12.....	30
3.6	Curva de respuesta espectral de la banda 2 del sensor AVHRR del NOAA-12.....	30
3.7	Curva de respuesta espectral de la banda 3 del sensor AVHRR del NOAA-12.....	31
3.8	Curva de respuesta espectral de la banda 4 del sensor AVHRR del NOAA-12.....	31
3.9	Curva de respuesta espectral de la banda 5 del sensor AVHRR del NOAA-12.....	32
3.10	Curva de respuesta espectral de la banda 1 del sensor AVHRR del NOAA-14.....	35
3.11	Curva de respuesta espectral de la banda 2 del sensor AVHRR del NOAA-14.....	35
3.12	Curva de respuesta espectral de la banda 3 del sensor AVHRR del NOAA-14.....	36
3.13	Curva de respuesta espectral de la banda 4 del sensor AVHRR del NOAA-14.....	36
3.14	Curva de respuesta espectral de la banda 5 del sensor AVHRR del NOAA-14.....	37
3.15	Procesamiento de imágenes de satélite en tiempo real.....	39
3.16	Estación terrena receptora de imágenes de satélite NOAA.....	40
3.17	Detección de Incendios Forestales en Tiempo Real a partir de Puntos Calientes con Imágenes NOAA-AVHRR.....	41
4.1	Fisiografía del Estado de Nuevo León.....	52
4.2	Climas del Estado de Nuevo León.....	54
4.3	Geología del Estado de Nuevo León.....	55
4.4	Hidrología de Nuevo León.....	56
4.5	Suelos Dominantes en el Estado de Nuevo León.....	59

Figura	Página
4.6 Distribución del potencial agrícola y pecuaria en el Estado de Nuevo León.....	63
4.7 Porcentaje de Causales de incendios forestales en el Estado de Nuevo León.....	64
4.8 Ubicación de Brigadas de Combate y Torres de Detección de Incendios Forestales en el Estado de Nuevo León.....	65
4.9 Infraestructura de Protección contra Incendios Forestales.....	66
5.1 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Enero y Febrero de 1999.....	72
5.2 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Marzo de 1999.....	72
5.3 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante el mes de Abril de 1999.....	73
5.4 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León, durante Mayo de 1999.....	73
5.5 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Junio y Julio de 1999.....	74
5.6 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León, durante el periodo Enero-Julio de 1999.....	74
5.7 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Enero y Febrero de 2000.....	75
5.8 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Marzo y Abril de 2000.....	75
5.9 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante Mayo y Junio de 2000.....	76
5.10 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante el mes de Julio de 2000.....	76
5.11 Incendios forestales detectados en tiempo real con datos AVHRR en el Estado de Nuevo León durante el periodo de Enero-Julio de 2000.....	77
5.12 Clasificación de Incendios forestales en el Estado de Nuevo León, durante el periodo Enero-Julio de 1999.....	78
5.13 Distribución mensual de la Clasificación de Incendios Forestales en el Estado de Nuevo León durante 1999.....	78
5.14 Clasificación de Incendios forestales en el Estado de Nuevo León, durante el periodo Enero-Julio de 2000.....	79
5.15 Distribución mensual de la Clasificación de Incendios Forestales en el Estado de Nuevo León durante 2000.....	79
5.16 Quemias agrícolas durante 1999, en el Estado de Nuevo León.....	80
5.17 Quemias agrícolas durante 2000, en el Estado de Nuevo León.....	80

Figura	Página
5.18 Incendios en Bosques Fragmentados durante 1999, en el Estado de Nuevo León.....	81
5.19 Incendios en Bosques Fragmentados durante 2000, en el Estado de Nuevo León.....	81
5.20 Clasificación global de Incendios Forestales durante la temporada 1999-2000, en el Estado de Nuevo León.....	82
6.1 Zona crítica de generación y propagación de incendios forestales en el Estado de Nuevo León.....	85
6.2 Incendio Forestal detectado en tiempo real con datos AVHRR en La Trinidad-El Colmillo, Montemorelos, N.L.	86
6.3 Imagen del Satélite NOAA-AVHRR, en La Trinidad-El Colmillo, Montemorelos, N.L., 22 de Abril de 1995 15:02 hr. (local).....	87
6.4 Relación de puntos de calor en Nuevo León Temporada 1999-2000.....	88
6.5 Clasificación de incendios detectados en tiempo real en el Estado de Nuevo León, durante el periodo más crítico de Marzo-Abril-Mayo de 1999.....	89
6.6 Clasificación de incendios detectados en tiempo real en el Estado de Nuevo León, durante el periodo más crítico de Marzo-Abril-Mayo de 2000.....	89
6.7 Clasificación de incendios detectados en tiempo real en el Estado de Nuevo León, durante el periodo más crítico de Marzo-Abril-Mayo de la temporada 1999-2000.....	90
7.1 Resumen de la Temporada 1999-2000 y propuesta de Torres de observación y Brigadas de combate en Nuevo León.....	99